

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-068705

(43)Date of publication of application : 09.03.1999

(51)Int.Cl.

H04J 14/00
H04J 14/02
H04B 10/02
H04B 10/28
H04B 10/26
H04B 10/14
H04B 10/04
H04B 10/06

(21)Application number : 10-027015

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP
<NTT>

(22)Date of filing : 09.02.1998

(72)Inventor : INOUE YASUYUKI
HASHIMOTO TOSHIKAZU
YANAGISAWA MASAHIRO
YAMADA YASUBUMI
HIBINO YOSHINORI

(30)Priority

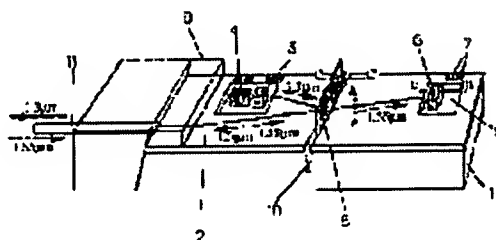
Priority number : 09151825 Priority date : 10.06.1997 Priority country : JP

(54) TWO-WAY WDM OPTICAL TRANSMISSION RECEPTION MODULE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To reduce crosstalk light of an LD light leaked to a PD light to be a non-problem level practically in the two-way WDM optical transmission reception module.

SOLUTION: The two-way WDM optical transmission reception module is made up of an optical branch guide path formed on a plane substrate (Si substrate), a groove 10 provided to a branch part of the optical branch guide path, a dielectric multi-layer film filter 5 that is inserted in the groove 10 and branches an input light in a transmission direction and a reflection light depending on its wavelength, a transmission laser diode LD 3 and a reception photo diode PD 6 coupled optically with the optical branch guide path on the plane substrate 1. The transmission wavelength of the dielectric multi-layer film filter 5 is set to the reception wavelength of the reception PD 6 and a block wavelength of the dielectric multi-layer film filter 5 is set to the oscillation wavelength of the transmission LD 3 and the transmission LD 3 and the reception PD 6 are placed opposite to each



BEST AVAILABLE COPY

other with the dielectric multi-layer film filter 5 inbetween.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 26.10.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 12.02.2002

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-68705

(43) 公開日 平成11年(1999) 3月9日

(51) Int.Cl.⁹

識別記号

F I

H 0 4 J 14/00

H 0 4 B 9/00

E

14/02

U

H 0 4 B 10/02

10/28

Y

10/26

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 7 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平10-27015

(22) 出願日 平成10年(1998) 2月9日

(31) 優先権主張番号 特願平9-151825

(32) 優先日 平 9 (1997) 6月10日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号

(72) 発明者 井上 靖之

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本

電信電話株式会社内

(72) 発明者 橋本 俊和

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本

電信電話株式会社内

(72) 発明者 柳澤 雅弘

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本

電信電話株式会社内

(74) 代理人 弁理士 秋田 収喜

最終頁に続く

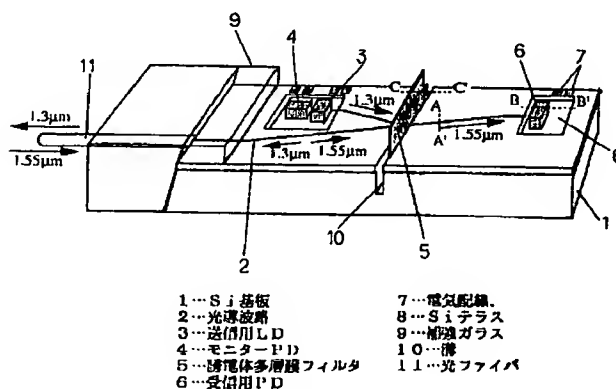
(54) 【発明の名称】 双方向WDM光送受信モジュール

(57) 【要約】

【課題】 双方向WDM光送受信モジュールにおいて、LD光がPD光に漏れ込むクロストーク光を実用上問題ないレベルにまで低減する。

【解決手段】 平面基板 (S i 基板) 1 上に形成された光分岐導波路と、該光分岐導波路の分岐部に設けられた溝 10 と、該溝に挿入されて入力光を波長に応じてその透過方向および反射方向に分岐させる誘電体多層膜フィルタ 5 と、前記平面基板 1 上で前記光分岐導波路に光結合する送信用 LD 3 および受信用 PD 6 とから構成される双方向WDM光送受信モジュールであって、前記誘電体多層膜フィルタ 5 の透過波長が前記受信用 PD 6 の受信波長に設定され、前記誘電体多層膜フィルタ 5 の阻止波長が前記送信用 LD 3 の発振波長に設定され、前記送信用 LD 3 および受信用 PD 6 が前記誘電体多層膜フィルタ 5 を挟んで対向する位置に配置されている。

図 1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 平面基板上に形成された光分岐導波路と、該光分岐導波路の分岐部に設けられた溝と、該溝に挿入されて入力光を波長に応じてその透過方向および反射方向に分岐させる誘電体多層膜フィルタと、前記平面基板上で前記光分岐導波路に光結合する送信用レーザダイオードおよび受信用フォトダイオードとから構成される双方向 WDM 光送受信モジュールであって、前記誘電体多層膜フィルタの透過波長が前記受信用フォトダイオードの受信波長に設定され、前記誘電体多層膜フィルタの阻止波長が前記送信用レーザダイオードの発振波長に設定され、前記送信用レーザダイオードと受信用フォトダイオードが前記誘電体多層膜フィルタを挟んで対向する位置に配置されていることを特徴とする双方向 WDM 光送受信モジュール。

【請求項 2】 請求項 1 に記載の双方向 WDM 光送受信モジュールにおいて、前記送信用レーザダイオードと誘電体多層膜フィルタと受信用フォトダイオードとを結ぶ光導波路中に、前記送信用フォトダイオードの出射光のうち前記誘電体多層膜フィルタを透過する成分を遮断する第 2 の誘電体多層膜フィルタが挿入されていることを特徴とする双方向 WDM 光送受信モジュール。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光通信あるいは光情報処理などの分野で用いられる波長分割多重方式（以下、単に WDM と称する）光送受信モジュールに関し、特に、石英系プレーナ光波回路上にレーザダイオード（以下、単に LD と称する）やフォトダイオード（以下、単に PD と称する）をハイブリッド集積して構成した WDM 光送受信モジュールにおいて、その波長合分波器の構成がクロストーク光を抑制するよう配置されたことを特徴とする WDM 光送受信モジュールに関するものである。

【0002】

【従来の技術】例えば、上に $1.3\mu\text{m}$ 帯の光信号を用いて、下に $1.55\mu\text{m}$ 帯の光信号を用いるようなシステムが検討され、これを実現するための双方向 WDM 光送受信モジュールが、文献 "Hybrid integration using silica-on-silicon optical motherboards" Carol Jones et al., Integrated Photonics Research, Technical Digest IThB1, pp. 604-607, Boston, 1996. に報告されている。

【0003】前記文献に記載される WDM 光送受信モジュールの概略構成を図 11 に示す。図 11 において、100 は光ファイバ、101 は基板、102 は光導波路、103 は送信用 LD、104 はモニター PD、105 は方向性結合器、106 は受信用 PD、107 は受信用増幅器、108 は漏れ光遮断材料、109 はミラーである。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】一般的に上りと下りの光信号の波長を変えた双方向システムでは、双方向の通信を同時に送受する必要がある。このため双方向 WDM 光送受信モジュールの大きな課題の一つが、発振光が自らの受信部に漏れ込むクロストーク光を低減することである。

【0005】前記の文献では受信用 PD 106 を送信用 LD 103 に直交するよう配置してクロストーク光を低減している（図 11 参照）。しかし、この構成では、送信用 LD 103 と受信用 PD 106 を直交配置し、受信用 PD 106 から方向性結合器に至る導波路を 90 度に曲げる必要があるため曲げ部分の占有面積が大きく、結果的にモジュールのサイズも大きくなってしまふ。

【0006】また、送信用 LD 103 からの送出光は、光ファイバ伝送路中の反射点によってモジュールに戻り、そのうち一部は方向性結合器を介して受信用 PD 106 に結合する。この受信用 PD 106 への戻り光量は、方向性結合器 105 の阻止性能で決まるが、一般的には十分な阻止特性は得られないなどの問題点があった。

【0007】本発明の目的は、双方向 WDM 光送受信モジュールにおいて、LD 光が PD 光に漏れ込むクロストーク光を実用上問題ないレベルにまで低減することが可能な技術を提供することにある。

【0008】本発明の前記ならびにその他の目的と新規な特徴は、本明細書の記述及び添付図面によって明らかにする。

【0009】

【課題を解決するための手段】前記目的を達成するために、本発明は、平面基板上に形成された光分岐導波路と、該光分岐導波路の分岐部に設けられた溝と、該溝に挿入されて入力光を波長に応じてその透過方向および反射方向に分岐させる誘電体多層膜フィルタと、前記平面基板上で前記光分岐導波路に光結合する送信用 LD および受信用 PD とから構成される双方向 WDM 光送受信モジュールであって、前記誘電体多層膜フィルタの透過波長が前記受信用 PD の受信波長に設定され、前記誘電体多層膜フィルタの阻止波長が前記送信用 LD の発振波長に設定され、前記送信用 LD と受信用 PD が前記誘電体多層膜フィルタを挟んで対向する位置に配置されている。

【0010】また、前記送信用レーザダイオードと誘電体多層膜フィルタと受信用フォトダイオードとを結ぶ光導波路中に、前記送信用フォトダイオードの出射光のうち前記誘電体多層膜フィルタを透過する成分を遮断する第 2 の誘電体多層膜フィルタが挿入されている。

【0011】即ち、従来の双方向 WDM 光送受信モジュールのクロストーク光を大幅に低減する手法として、本発明では、誘電体多層膜フィルタを用いた波長合分波器

を採用し、更に、送信用LDを誘電体多層膜フィルタに対してその入出力ファイバ側（反射ポート側）に、受信用PDをその反対側（透過ポート側）に配置することを最も主要な特徴とする。

【0012】また、前記双方向WDM光送受信モジュールにおいて、前記送信用レーザダイオードと誘電体多層膜フィルタと受信用フォトダイオードとを結ぶ光導波路中に、前記送信用フォトダイオードの出射光のうち前記誘電体多層膜フィルタを透過する成分を遮断する第2の誘電体多層膜フィルタが挿入されていることを特徴とする。

【0013】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施形態（実施例）を詳細に説明する。

【0014】なお、実施形態（実施例）を説明するための全図において、同一機能を有するものは同一符号を付け、その繰り返しの説明は省略する。

【0015】（実施例1）図1は本発明の実施例1の双方向WDM光送受信モジュールの概略構成を示す図であり、1はSi基板、2は光導波路、3は送信用LD、4はモニターPD、5は誘電体多層膜フィルタ（波長合分波器）、6は受信用PD、7は電気配線、8はSiテラス、9は補強ガラス、10は光分岐導波路の分岐部に設けられた溝、11は光ファイバである。

【0016】図2は図1のA-A'線で切った断面の拡大断面図を、図3は図1のB-B'線で切った断面の拡大断面図を、図4は図1のC-C'線で切った断面の拡大断面図をそれぞれ示している。図2乃至図4において、21は下部クラッド層（第1下部クラッド層）、22は高さ調整用クラッド層（第2下部クラッド層）、23は光導波路2のコア、24は上部クラッド層、25は誘電体多層膜フィルタ5を固定するための接着剤、7Aは電気配線および半田である。

【0017】本実施例1の双方向WDM光送受信モジュールは、図1乃至図4に示すように、Si基板1上に形成された光分岐導波路の分岐部に溝10が設けられている。この溝10に入力光を波長に応じてその透過方向および反射方向に分岐させる誘電体多層膜フィルタ5が挿入されている。前記Si基板1上で前記光分岐導波路に光結合する送信用LD3および受信用PD6から構成される双方向WDM光送受信モジュールであって、前記誘電体多層膜フィルタ5の透過波長が受信用PD6の受信波長に設定され、前記誘電体多層膜フィルタ5の阻止波長が送信用LD3の発振波長に設定され、前記送信用LD3および受信用PD6が前記誘電体多層膜フィルタ5を挟んで対向する位置に配置されている。

【0018】前記送信用LD3の発振波長は $1.3\mu\text{m}$ 、光ファイバ11の入光する光の波長は $1.55\mu\text{m}$ 、出光する光の波長は $1.3\mu\text{m}$ である。誘電体多層膜フィルタ5の透過波長は $1.55\mu\text{m}$ 、反射波長は $1.$

$3\mu\text{m}$ である。

【0019】このように、本発明では、誘電体多層膜フィルタ5を用いた波長合分波器を採用し、更に、送信用LD3を誘電体多層膜フィルタ5に対してその入出力ファイバ側（反射ポート側）に、受信用PD6をその反対側（透過ポート側）に配置する構成とすることにより、従来の双方向WDM光送受信モジュールのクロストーク光を大幅に低減することができる。

【0020】次に、図5を用いてPLCプラットフォームの作製法について簡単に説明する。まず、平坦なSi基板1をパターン化して、送信用LD3/受信用PD6を搭載するSiテラス8以外の部分を約 $30\mu\text{m}$ の深さエッチングする。この上に下部クラッド層21となるガラス層を火炎堆積法で形成する（図5a）。この後、送信用LD3/受信用PD6の搭載部のSiテラスが表面に露出するまで平坦化研磨を行う（図5b）。この面が送信用LD3/受信用PD6を実装する場合の光導波路に対する高さ基準面になる。

【0021】続いて高さ調整層となる高さ調整用クラッド層（第2下部クラッド層）22を設ける。次に、コア23の層を約 $7\mu\text{m}$ 堆積する（図5c）。コア層を光導波路パターンにエッチング加工した後、上部クラッド層24を堆積する（図5d）。ここでは全てクラッド層およびコア層の堆積は火炎堆積法を用いた。引き続き、送信用LD3/受信用PD6搭載部のSiテラスが再度露出するまで送信用LD3/受信用PD6搭載部のみエッチングする。最後に送信用LD3/受信用PD6の電気配線および搭載用半田7Aを堆積する（図5e）。

【0022】送信用LD3/受信用PD6の実装は、その搭載部に半田リフローにより接着固定する。その手法に関しては、文献 T.Hashimoto et al., "Hybrid integration of spot-size converted laser diode on planar lightwave circuit platform by passive alignment technique," IEEE Photon. Technol. Lett., 8, No. 11, pp. 1504-1506, 1996. に詳しく示されている。一般的に、LDと光導波路とのモードフィールドは異なる。最近LDのモードフィールドを拡大して光導波路との結合を改善したレーザの研究が進んでいる。それでも現状でLD/光導波路間の結合率は50%程度である。このためLDから出力された光のうち半分の光はクラッド層中に放出されることになる。

【0023】図1に示す誘電体多層膜フィルタ5による光分岐部の構成法については、詳しくは、文献 Y. Inoue et al., "Filter-embedded wavelength-division multiplexer for hybrid-integrated transceiver based on silica-based PLC," Electron. Lett., Vol. 32, no. 9, pp. 847-848, 1996. に示されている。

【0024】前記誘電体多層膜フィルタ5の誘電体多層膜を挿入する溝10は、幅 $20\mu\text{m}$ 、深さ $150\mu\text{m}$ のものをダイシングソーにより形成した。誘電体多層膜フ

5

フィルタ5としては、例えば、ポリイミドを基板とした厚さ $14\mu\text{m}$ のものを使用した。この誘電体多層膜フィルタ5のフィルタ反射型波長合分波器の波長特性を図6に示す。図6に示すように、誘電体多層膜フィルタ5は透過ポートにおいて 50dB にも及ぶ高いアイソレーションを示す。

【0025】図1中に示すように、この優れた誘電体多層膜フィルタ5が送信用LD3と受信用PD6の間に存在するため、送信用LD3からクラッド層中に放出された $1.3\mu\text{m}$ 光が受信用PD6に結合することはなくなる。具体的に送信用LD3の出力が受信用PD6に漏れ込むクロストーク光は約 -70dB であった。このため $1.3\mu\text{m}$ 送信信号に比べて相対的にレベルの低い $1.55\mu\text{m}$ 光を、感度よく受信用PD6にて検出することが可能であった。

【0026】また、図1に示す本実施形態の双方向WDM光送受信モジュールでは、光ファイバ伝送路に送出された $1.3\mu\text{m}$ 光が伝送路中で反射されてモジュールに戻る場合にも、誘電体多層膜フィルタ5の優れた阻止域特性により、受信用PD6への結合を十分に抑制することができる。例えば、伝送路中の反射点における反射減衰量を 30dB として場合、受信用PD6へ結合するクロストーク光は -80dB 以下である。

【0027】図1の双方向WDM光送受信モジュールは、図11の従来技術のWDM光送受信モジュールに比較して、送信用LD3と受信用PD6を距離的に離すことができる。このため送信用LD3の駆動電流が、受信用PD6の光電流に電氣的に漏れ込まないという特長も有する。

【0028】比較のため、図1の回路構成を図7のように置き換えた場合を想定してみる。この場合、送信用LD3からクラッド層中に射出した光が誘電体多層膜フィルタ5を透過して受信用PD6に結合する。この $1.3\mu\text{m}$ 光は受信すべき $1.55\mu\text{m}$ 光に比較してそのレベルが高いため、受信用PD6は精度よく $1.55\mu\text{m}$ を受信できなくなる。

【0029】図1では、 $1.3\mu\text{m}$ 光を送信し $1.55\mu\text{m}$ 光を受信する双方向WDM光送受信モジュールの回路構成を示したが、反対に $1.55\mu\text{m}$ 光を送信し $1.3\mu\text{m}$ 光を受信する双方向WDM光送受信モジュールに関しては、図8のように、その誘電体多層膜フィルタ5の透過波長と阻止波長を反対にすることによって実現することができる。

【0030】(実施例2) 図9は本発明の実施例2の双方向WDM光送受信モジュールの概略構成を示す図である。

【0031】本実施例2の双方向WDM光送受信モジュールは、送信用LD3の発振光が受信用PD6に漏れ込むことが大きな問題となる。図1に示す前記実施例1では、送信用LD3 ($1.3\mu\text{m}$ 光) を反射する第1の誘

6

電体多層膜フィルタ5を送信用LD3と受信用PD6の間に挿入した回路構成をとることにより、送信用LD3 ($1.3\mu\text{m}$ 光) が受信用PD6に漏れ込むことを防いでいる。しかし、送信用LD3の光源によっては、 $1.3\mu\text{m}$ 発振の光になっていてもわずかに $1.55\mu\text{m}$ 帯にまでスペクトルが裾を引いている場合がある。

【0032】この場合、図1に示す回路構成では送信用LD3から出力された光のうち、第1の誘電体多層膜フィルタ5を透過してしまう $1.45\mu\text{m}\sim 1.55\mu\text{m}$ 帯の光が受信用PD6に結合することを防ぐことができない。そこで、図9に示すように、送信用LD3と前述の第1の誘電体多層膜フィルタ5 ($1.3\mu\text{m}$ 反射、 $1.55\mu\text{m}$ 透過) との間に $1.55\mu\text{m}$ 光を除去する第2の誘電体多層膜フィルタ12 ($1.55\mu\text{m}$ 反射、 $1.3\mu\text{m}$ 透過) が導波路に対して $2\sim 10^\circ$ 傾けて挿入された回路構成にする。ここで第2の誘電体多層膜フィルタ12を導波路に対して傾けた理由は、第2の誘電体多層膜フィルタ12で反射された光が送信用LD3に再結合してその動作が不安定になることを防ぐためである。

【0033】前記図9に示す構成にすることにより、送信用LD3から出力されたわずかな $1.45\mu\text{m}\sim 1.55\mu\text{m}$ 帯の光が受信用PD6に結合するのを防ぐことが可能になった。具体的には第2の誘電体多層膜フィルタ12の挿入前の送信用LD3の発振光が受信用PD6に結合する効率は -40dB であった。その値が、誘電体多層膜フィルタ12を送信用LD3と第1の誘電体多層膜フィルタ5の間に挿入することにより、 -75dB にまで低減することができた。

【0034】本実施例2では、送信用LD3 (光源) の発振光波長が $1.3\mu\text{m}$ 、受信用PD6の受信光波長が $1.55\mu\text{m}$ の場合を説明したが、送信用LD3の発振光波長が $1.55\mu\text{m}$ 、受信用PD6の受信光波長が $1.3\mu\text{m}$ の場合は、図10に示す回路構成にすることにより同様の効果を得ることができる。すなわち、 $1.3\mu\text{m}$ 光を除去する第2の誘電体多層膜フィルタ12A

($1.3\mu\text{m}$ 反射、 $1.55\mu\text{m}$ 透過) を導波路に対して $2\sim 10^\circ$ 傾けて挿入し、第1の誘電体多層膜フィルタ5A ($1.55\mu\text{m}$ 反射、 $1.3\mu\text{m}$ 透過) を挿入する。

【0035】前記図9及び図10に示す回路構成にすることにより、更にクロストークを低減することができる。

【0036】以上、本発明者によってなされた発明を前記実施形態 (実施例) に基づき具体的に説明したが、本発明は、前記実施形態 (実施例) に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において種々変更可能であることは勿論である。

【0037】

【発明の効果】以上、説明したように、本発明によれば、双方向WDM光送受信モジュールにおいて、LD出

7

射光が受信用PDに漏れ込むクロストーク光が -70 dB と極めて低いため、LD光がPD光に漏れ込むクロストーク光を実用上問題ないレベルにまで低減することができる。これにより、受信感度の高い双方向WDM光送受信モジュールを得ることができる。

【0038】また、前記送信用LDと第1の誘電体多層膜フィルタと受信用PDとを結ぶ光導波路中に、前記送信用LDの出射光のうち前記第1の誘電体多層膜フィルタを透過する成分を遮断する第2の誘電体多層膜フィルタを挿入することにより、更にクロストークを低減することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例1の双方向WDM光送受信モジュールの概略構成を示す図である。

【図2】図1のA-A'線で切った断面の拡大断面図である。

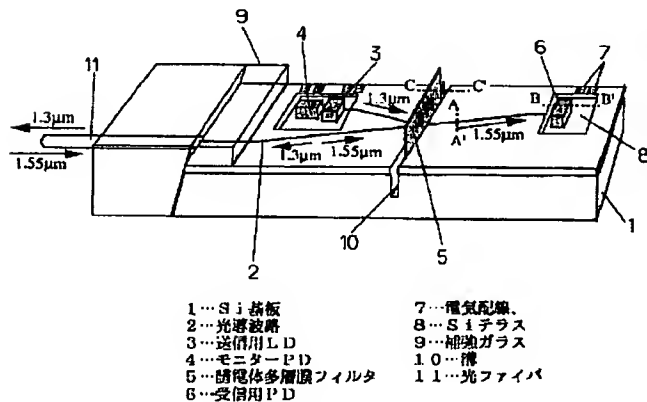
【図3】図1のB-B'線で切った断面の拡大断面図である。

【図4】図1のC-C'線で切った断面の拡大断面図である。

【図5】PLCプラットフォームの作製法を説明するための図である。

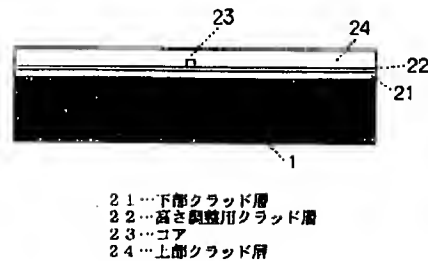
【図1】

図1



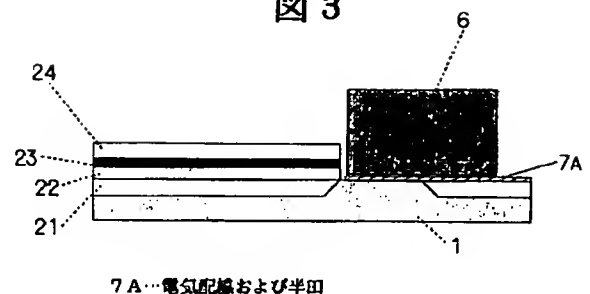
【図2】

図2



【図3】

図3



8

【図6】本実施例1の誘電体多層膜フィルタのフィルタ反射型波長合分波器の波長特性を示す図である。

【図7】本実施例1の双方向WDM光送受信モジュール（図1）の作用と各装置の配置を置き換えた場合の作用とを比較するための図である。

【図8】本実施例1の双方向WDM光送受信モジュールの作用を説明するための図である。

【図9】本発明の実施例2の双方向WDM光送受信モジュールの概略構成を示す図である。

10 【図10】本発明の実施例2の別の双方向WDM光送受信モジュールの概略構成を示す図である。

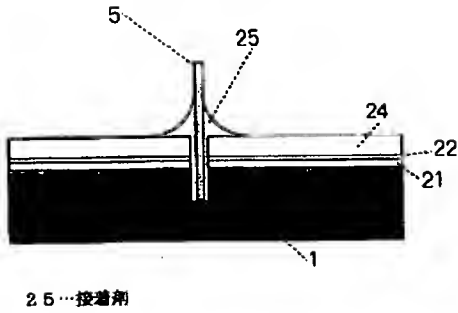
【図11】従来のWDM光送受信モジュールの概略構成を示す図である。

【符号の説明】

1…Si基板、2…光導波路、3…送信用LD、4…モニターPD、5…第1の誘電体多層膜フィルタ、6…受信用PD、7…電気配線、7A…電気配線および半田、8…Siテラス、9…補強ガラス、10…溝、11…光ファイバ、12…第2の誘電体多層膜フィルタ、21…下部クラッド層、22…高さ調整用クラッド層、23…コア、24…上部クラッド層、25…接着剤。

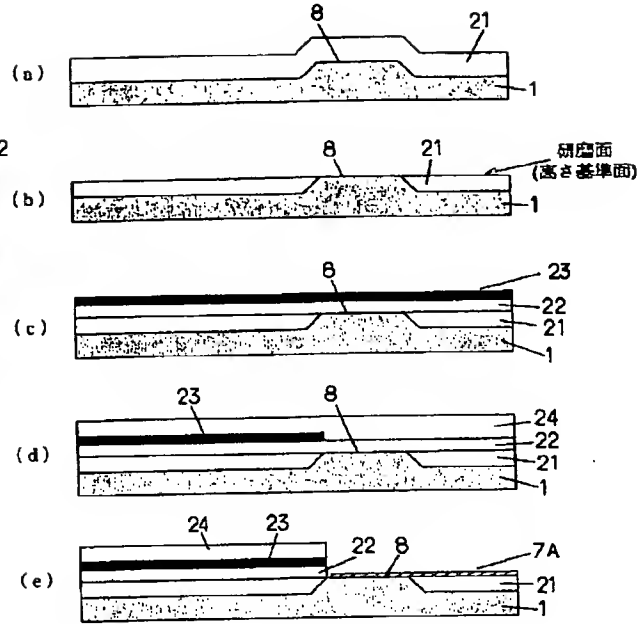
【図 4】

図 4



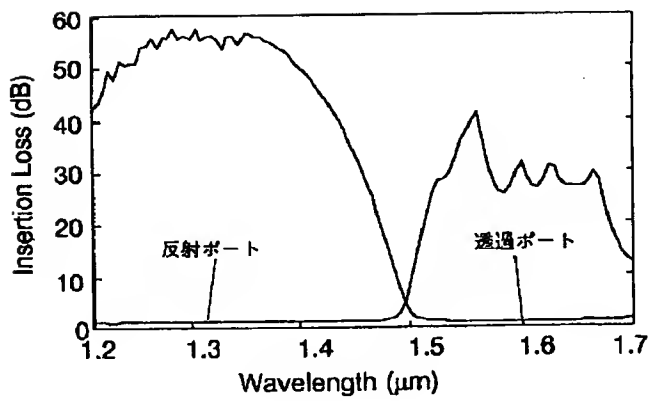
【図 5】

図 5



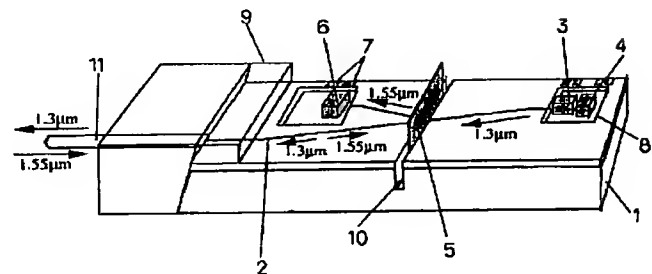
【図 6】

図 6



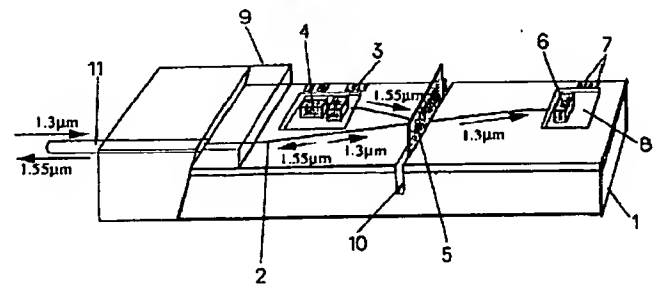
【図 7】

図 7

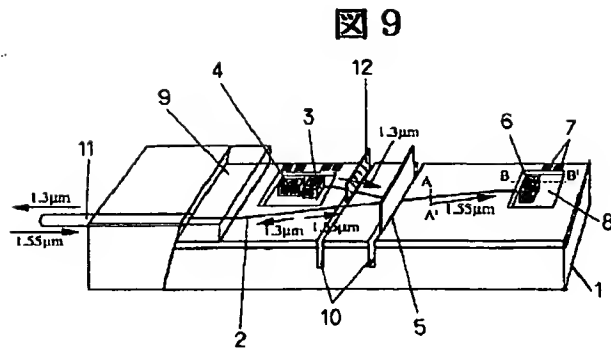


【図 8】

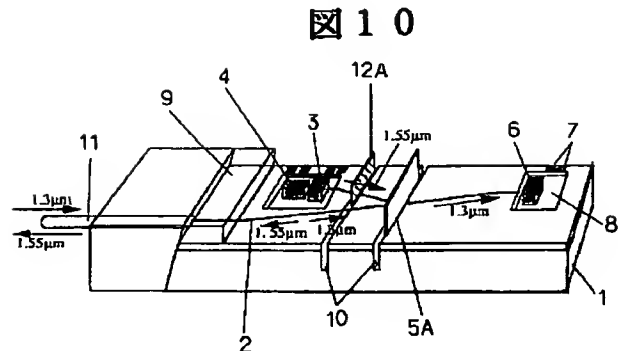
図 8



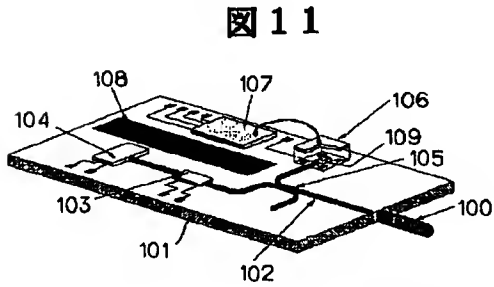
【図 9】



【図 10】



【図 11】



- | | |
|------------|-------------|
| 100…光ファイバ | 105…方向性結合器 |
| 101…基板 | 106…受信用PD |
| 102…光導波路 | 107…受信用増幅器 |
| 103…送信用LD | 108…漏れ光遮断材料 |
| 104…モニターPD | 109…ミラー |

フロントページの続き

(51) Int. Cl. ⁶

識別記号

F I

H 0 4 B 10/14

10/04

10/06

(72) 発明者 山田 泰文

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内

(72) 発明者 日比野 善典

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER: _____**

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.